临武鸭产蛋初期钙需要量的研究

黄　璇[1,2,3]　李　闯[1,2,3]　蒋桂韬[1,2]　张　旭[1,2]　王向荣[1,2]　戴求仲[1,2,3*]

（1.湖南省畜牧兽医研究所动物营养与饲养技术研究室，长沙 410131；2.中国农业科学院麻类研究所，长沙 410205；3.湖南畜禽安全生产协同创新中心，长沙 410128）

摘　要：本试验旨在研究饲粮钙水平对22~28周龄临武鸭产蛋性能、蛋品质、胫骨指标和血清生化指标的影响，以确定临武鸭产蛋初期的钙需要量。试验选取体重相近、健康状况良好的临武鸭200羽，随机分为5组，每组5个重复，每个重复8只鸭。饲粮钙水平分别为1.50%、2.00%、2.50%、3.00%、3.50%。预试期7 d，正试期49 d。结果显示：1）饲粮钙水平对平均日采食量和产蛋率均无显著影响（P>0.05）。1.50%钙水平组平均蛋重显著低于其他 4 组（P<0.05）。3.00%钙水平组日产蛋重显著高于 1.50%钙水平组（P<0.05），而与其他各组差异不显著（P>0.05）。2.50%和3.00%钙水平组的合格蛋率显著高于1.50%和2.00%钙水平组（P<0.05）。3.00%钙水平组料蛋比最低且显著低于1.50%钙水平组（P<0.05）。2）饲粮钙水平对蛋品质各指标均无显著影响（P>0.05）。3）饲粮钙水平对胫骨折断力、脱脂胫骨钙含量和灰分钙含量有显著影响（P<0.05），且上述3项胫骨指标2.50%、3.00%和3.50%钙水平组显著优于 1.50%钙水平组（P<0.05）。4）1.50%钙水平组血清碱性磷酸酶活性显著高于其他4组（P<0.05）。5）二次曲线分析表明，以平均蛋重、灰分钙含量和脱脂胫骨钙含量为评价指标，产蛋初期临武鸭钙需要量分别为 2.79%，2.98%和 2.98%。综上所述，在本试验条件下，为获得最佳产蛋性能、血清生化指标和胫骨指标，22~28周龄临武鸭饲粮中钙推荐量为2.79%~2.98%。

关键词：临武鸭；钙；产蛋性能；蛋品质；胫骨指标

收稿日期：2016-04-15
基金项目：现代农业产业技术体系建设专项资金（CARS-43-39）
作者简介：黄　璇（1986-），女，湖南浏阳人，助理研究员，从事家禽营养与饲料科学研究。E-mail：409097385@qq.com
*通信作者：戴求仲，研究员，博士生导师，E-mail： daiqiuzhong@gmail.com

钙是蛋禽生产所必需的常量矿物元素，其与蛋壳、骨骼的形成[1]，机体钙、磷代谢，渗透压维持及酸碱平衡密切相关[2-4]。饲粮钙水平过低，容易诱发骨代谢疾病，血清中钙含量下降[5]，从而导致产蛋性能降低和高不合格蛋率、蛋壳破损率；而饲粮钙水平过高则会引起机体钙磷代谢障碍最终导致蛋重和产蛋率下降[6]。目前关于蛋鸭钙需要量的研究很少，研究报道主要集中在肉鸭上[7-9]。NRC（1994）给出 22~23 周龄北京鸭钙需要量为 2.00%，我国肉蛋兼用型种鸭营养需要以种鸭周龄为划分依据，推荐产蛋前期（19~22 周龄）、产蛋中期（23~45 周龄）和产蛋后期（46~72 周龄）钙需要量分别为 2.00%、3.10%和 3.20%。临武鸭是我国著名的肉蛋兼用型地方麻鸭，其生物特性与北京鸭、山麻鸭和绍兴鸭等鸭种存在一定差异，其钙需要量也有别于其他鸭种。因此，本试验以产蛋初期临武鸭为试验动物，通过饲喂添加不同水平钙的饲粮，研究饲粮钙水平对蛋鸭产蛋性能、蛋品质、胫骨指标和血清生化指标的影响，从而确定临武鸭的饲粮钙需要量，为临武鸭饲养标准制订提供理论依据和可靠的数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验设计与试验饲粮

选取健康状况良好、体重相近、产蛋率无显著差异（P>0.05）21 周龄正处于产蛋初期的临武鸭 200 羽，随机分成 5 组，每组 5 个重复，每个重复 8 羽，进行为期 56 d 的饲养试验，其中预试期 7 d，正试期 49 d。试验饲粮中粗蛋白质、代谢能和氨基酸等营养水平均参照 NRC（1994）和《临武鸭营养需要》（2014）的标准 [10]。采用玉米-豆粕型饲粮，饲粮钙水平分别为 1.50%、2.00%、2.50%、3.00%、3.50%，各试验饲粮其他营养水平基本一致，各组饲粮均制成颗粒料，试验饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1 试验饲粮组成及营养水平（**风干基础**）

Table 1 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis) %

项目 Items	饲粮钙水平 Dietary Ca level/%				
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
原料 Ingredients					
玉米 Corn	47.00	47.00	47.00	47.50	47.63
豆粕 Soybean meal	21.00	21.00	21.00	21.50	22.00
菜籽粕 Rapeseed meal	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
次粉 Wheat middling	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00
麦麸 Wheat bran	5.00	5.00	4.45	2.03	
石粉 Limestone	3.15	4.70	6.18	7.60	9.00
沸石粉 Zeolite powder	2.48	0.93			
L-赖氨酸 *L*-Lys (78.5%)	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
DL-蛋氨酸 *DL*-Met (98.5%)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
食盐 NaCl	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]					
代谢能 ME/(MJ/kg)	10.89	10.89	10.89	10.89	10.89
粗蛋白质 CP	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
赖氨酸 Lys	0.90	0.90	0.92	0.91	0.91
蛋氨酸 Met	0.42	0.42	0.43	0.43	0.42
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.60	0.60	0.59	0.60	0.60
钙 Ca	1.53	2.08	2.60	3.07	3.42
总磷 TP	0.56	0.56	0.55	0.55	0.57
有效磷 AP	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：VA 5 000 IU，VB_1 2 mg，VB_2 15 mg，VB_6 4 mg，VB_{12} 0.02 mg，VD_3 800 IU，VE 20 IU，VK_3 0.5 mg，生物素 biotin 0.2 mg，叶酸 folic acid 0.6mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 60 mg，烟酸 nicotinic acid 60 mg，胆碱 choline 1500 mg，抗氧化剂

antioxidant 100 mg，Cu (as copper sulfate) 8 mg，Fe (as ferrous sulfate) 80 mg，Mn (as manganese sulfate) 50 mg，Zn (as zinc sulfate) 60 mg，I (as potassium iodide) 0.40 mg，Se (as sodium selenite) 0.20 mg。

2)钙为实测值，其他营养水平为计算值。Ca was a measured value, while the other nutrient levels were calculated values.

1.2　饲养管理

饲养试验在湖南省畜牧兽医研究所试验鸭场进行，采用封闭式鸭舍双层金属笼立体笼养，试验蛋鸭单笼饲养。试验全期自由采食和饮水（计量不限量），按常规方法进行饲养管理与免疫。

1.3　测定指标与方法

1.3.1　产蛋性能

试验期间每天按重复记录产蛋总数、总蛋重、采食量、不合格蛋数（包括软壳蛋、破壳蛋、畸形蛋、沙壳蛋），以组为单位统计平均蛋重、日产蛋量、产蛋率、合格蛋率、平均日采食量和料蛋比。

1.3.2　蛋品质

在试验第 4 周末和第 8 周末从每组抽取接近平均蛋重的鸭蛋 15 枚（每重复 3 枚），4 ℃保存，在 24 h 之内测定蛋黄比率、壳重比率、蛋壳强度（蛋壳强度测定仪）、蛋壳厚度（蛋壳厚度测定仪）、蛋形指数（游标卡尺测量）、蛋黄颜色（蛋黄比色卡）及蛋白高度（蛋白高度测定仪），并计算哈氏单位（HU），计算公式为：

$HU=100\times\log（H-1.7W^{0.37}+7.57）$。

式中：H 为蛋白高度（mm），W 为蛋重（g）。

蛋壳洗净并除去内膜烘干粉碎后，采用高锰酸钾滴定法测定其钙含量。

1.3.3　血清生化指标

在试验结束时，每个重复随机选取体重相近的试验鸭2只，空腹12 h后，翅下静脉采血5 mL，静置30 min后，3 000 r/min离心15 min，分离血清，-20 ℃下保存。使用全自动生化分析仪（URIT-8000，优利特，美国）检测血清中钙、磷含量以及碱性磷酸酶（AKP）活性，试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

1.3.4 胫骨指标

试验鸭28周龄时，每个重复挑选出接近平均体重的试验鸭2只，称活体重，颈部静脉放血致死，取两侧胫骨。左侧胫骨样品采用万能材料测试机（HD-B604-S，海达）测定胫骨折断力。右侧胫骨样品根据AOAC[11]方法脱脂，经脱脂后胫骨在550 ℃高温炉中灼烧24 h，制得灰分，并测定灰分中的钙和磷的含量。

1.4 数据处理

采用SPSS 18.0软件进行单因素方差分析（one-way ANOVA）和回归分析（regression analysis），结果用平均值表示，P<0.05为差异显著。对差异显著的指标，建立测定指标结果与饲粮钙水平的回归方程，最后通过求导得出饲粮中钙的适宜水平。

2 结果与分析

2.1 饲粮钙水平对蛋鸭产蛋性能的影响

由表 2 可知，饲粮钙水平对平均日采食量和产蛋率均无显著影响（P>0.05）。1.50%钙水平组的平均蛋重显著低于其他 4 组（P<0.05）。3.00%钙水平组的日产蛋重显著高于 1.50%钙水平组（P<0.05），而与其他各组差异不显著（P>0.05）。2.50%和 3.00%钙水平组的合格蛋率显著高于 1.50%和 2.00%钙水平组（P<0.05）。料蛋比以 3.00%钙水平组最低，分别比 1.50%、2.00%、2.50%和 3.50%钙水平组低 16.58%（P<0.05），11.63%（P>0.05），7.03%（P>0.05）和 3.25%（P>0.05）。

表 2 饲粮钙水平对蛋鸭产蛋性能的影响

Table 2 Effects of dietary calcium level on laying performance of laying ducks

项目 Items	饲粮钙水平 Dietary Ca level/%					SEM	P 值 P-value
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50		
平均日采食量 ADFI/(g/d)	141.54	141.43	144.91	138.46	139.23	0.99	0.286
产蛋率 Laying rate/%	56.59	57.21	60.00	61.51	61.07	0.90	0.297
平均蛋重 Average egg weight/g	58.98^{b}	61.80^{a}	62.99^{a}	63.24^{a}	61.99^{a}	0.49	0.034
日产蛋量 Daily egg yield/(g/d)	33.42^{b}	35.40^{ab}	37.79^{ab}	38.88^{a}	37.87^{ab}	0.71	0.086
合格蛋率 Qualified rate of egg/%	92.98^{b}	91.80^{b}	96.52^{a}	98.27^{a}	95.08^{ab}	0.65	0.003
料蛋比 Feed/egg	4.28^{a}	4.04^{ab}	3.84^{ab}	3.57^{b}	3.69^{b}	0.08	0.036

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P<0.05），相同或无字母表示差异不显著（P>0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05). The same as below.

2.2 饲粮钙水平对蛋鸭蛋品质的影响

由表 3 可知，饲粮钙水平对蛋品质各指标均无显著影响（P>0.05）。

表 3 饲粮钙水平对蛋鸭蛋品质的影响

Table 3 Effects of dietary calcium level on egg quality of laying ducks

项目 Items	饲粮钙水平 Dietary Ca level/%					SEM	P 值 P-value
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50		
蛋形指数 Egg shape index	1.32	1.31	1.35	1.31	1.30	0.01	0.552
蛋壳厚度 Eggshell thickness/mm	0.387	0.385	0.404	0.400	0.398	0.00	0.539
蛋黄色泽 Yolk color	8.90	8.20	8.75	8.40	8.60	0.13	0.125
蛋白高度 Albumen height/mm	7.55	7.77	7.79	7.84	7.57	0.09	0.508
蛋黄比例 Yolk ratio/%	30.14	30.21	29.96	29.62	29.15	0.42	0.713
壳重比例 Percentage of eggshell/%	11.59	11.63	11.84	11.56	11.89	0.09	0.089
蛋壳强度 Eggshell strength/N	48.09	48.79	50.52	49.23	48.70	0.66	0.752
哈氏单位 Haugh unit	87.37	86.90	86.53	86.86	85.69	0.49	0.883

蛋壳中钙含量 Calcium content of eggshell/%	37.90	38.44	37.86	38.24	37.93	0.35	0.562

2.3 饲粮钙水平对蛋鸭血清生化指标的影响

由表 4 可知，饲粮钙水平对血清中钙和磷含量均无显著影响（P>0.05）。1.50%钙水平组血清碱性磷酸酶活性显著高于其他 4 组（P<0.05）。

表 4 饲粮钙水平对蛋鸭血清生化指标的影响

Table 4 Effects of dietary calcium level on serum biochemical indices of laying ducks

项目 Items	饲粮钙水平 Dietary Ca level/%					SEM	*P* 值 *P*-value
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50		
碱性磷酸酶 AKP/(U/L)	509.60[a]	361.80[b]	228.20[b]	221.00[b]	220.20[b]	30.04	0.001
钙 Calcium/(mmol/L)	8.31	8.60	8.98	8.58	8.93	0.14	0.574
磷 Phosphorus/(mmol/L)	3.47	3.72	3.93	3.40	3.88	0.13	0.800

2.4 饲粮钙水平对蛋鸭胫骨指标的影响

由表 5 可知，饲粮钙水平对蛋鸭胫骨的绝对鲜重、相对鲜重、绝对脱脂重、相对脱脂重、绝对灰分重、相对灰分重、灰分含量、灰分磷含量、脱脂胫骨磷含量均无显著影响（P>0.05）。3.00%和 3.50%钙水平组的胫骨折断力显著高于 1.50%和 2.00%钙水平组（P<0.05）。灰分钙含量以 2.50%钙水平组最高，分别比 1.50%、2.00%、2.50%和 3.00%钙水平组提高了 10.33%（P<0.05）、7.71%（P<0.05）、1.64%（P>0.05）和 2.28%（P>0.05）。与 1.50%钙水平组相比，2.50%、3.00%和 3.50%钙水平组脱脂胫骨钙含量分别提高了 11.92%（P<0.05），8.37%（P<0.05）和 9.19%（P<0.05）。

表 5 饲粮钙水平对蛋鸭胫骨指标的影响

Table 5 Effects of dietary calcium level on tibia indices of laying ducks

项目 Items	饲粮钙水平 Dietary Ca level/%					SEM	*P* 值 *P*-value
	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50		
绝对鲜重 Absolute fresh weight/g	12.29	12.52	11.93	13.07	12.72	0.23	0.632

相对鲜重 Relative fresh weight/%	0.74	0.70	0.70	0.73	0.70	0.01	0.581
折断力 Broking strength/N	156.60[c]	173.80[bc]	199.25 [ab]	204.00[a]	205.80[a]	5.24	0.003
绝对脱脂重 Absolute defatted weight/g	3.46	3.73	3.54	3.83	3.70	0.08	0.552
相对脱脂重 Relative defatted weight/%	0.21	0.21	0.20	0.21	0.20	0.00	0.729
绝对灰分重 Absolute ash weight/g	2.14	2.33	2.20	2.36	2.32	0.06	0.729
相对灰分重 Relative ash weight/%	0.128	0.129	0.126	0.132	0.126	0.00	0.913
灰分含量 Ash content/%	61.75	62.23	62.10	61.91	62.46	0.34	0.879
灰分钙含量 Calcium content in ash/%	33.69[c]	34.51[bc]	37.17[a]	36.57[ab]	36.34[ab]	0.61	0.034
灰分磷含量 Phosphorus content in ash/%	17.38	16.82	16.61	16.16	16.99	0.31	0.835
脱脂胫骨钙含量 Calcium content in defatted tibia/%	20.79[c]	21.46[bc]	23.27[a]	22.53[ab]	22.70[ab]	0.36	0.018
脱脂胫骨磷含量 Phosphorus content in defatted tibia/%	10.70	10.45	10.30	9.95	10.59	0.17	0.701

2.5 产蛋初期临武鸭钙的需要量

由表 6 可知，产蛋初期平均蛋重、灰分钙含量和脱脂胫骨钙含量随饲粮钙水平的增加均存在显著先升高后降低的二次曲线变化（P<0.05）。其他各指标（如日产蛋重、合格蛋率和折断力等）相对饲粮钙水平未呈现出显著的二次曲线变化关系（P>0.05）。因此，以平均蛋重、灰分钙含量和脱脂胫骨钙含量为评价指标，通过二次曲线模型求导得出产蛋初期临武鸭的适宜饲粮钙水平分别为 2.79%，2.98%和 2.98%。

表 6　产蛋初期临武鸭钙的需要量

Table 6　The calcium requirement of *Linwu* ducks in early laying period

项目 Items	回归公式 Regressive formulas	R^2	P 值 P-value	饲粮钙需要量 Dietary calcium requirement/%
平均蛋重 Average egg weight/g	y=-2.594 $3x^2$+14.463x+43.153	0.957 9	0.002	2.79
灰分钙含量 Calcium content	y=-1.531 4x^2+9.129	0.851 3	0.023	2.98

in ash/%	1x+23.170			
脱脂胫骨钙含量 Calcium	y=-1.014 3x^2+6.094	0.817 3	0.007	2.98
content in defatted tibia/%	9x+13.873			

3 讨 论

3.1 饲粮钙水平对蛋鸭产蛋性能的影响

关于不同饲粮钙水平对蛋鸭产蛋性能的影响尚未见报道，然而对蛋鸡的研究不同研究者得出的结论不一致。洪平等[12]研究表明，当饲粮钙水平为 3.00%时，49~56 周龄黄羽肉种鸡可获得最佳产蛋率和日产蛋重。Moreki 等[3]认为，饲粮中 2.50%钙水平能够提高罗斯蛋鸡产蛋性能。高树华[5]报道，饲粮钙水平在 3.00%~4.00%变化时，低能量水平下海兰褐蛋鸡产蛋性能无显著差异。El-ghamry 等[1]研究表明，饲粮钙水平在 2.40~3.30%内，蛋鸡产蛋率、蛋重和采食量均未见显著差异。本研究发现，随着饲粮钙水平增加，平均蛋重和日产蛋重呈先升高后降低趋势，而料蛋比呈先降低后升高的趋势。当饲粮钙水平为 3.00%时，22~28 周龄临武鸭获得最佳的产蛋性能，因此主观判断 3.00%为试验鸭适宜钙水平，而以平均蛋重作为评价钙需要量的敏感指标，通过回归分析估测得出产蛋初期试验鸭获得最大平均蛋重所对应的饲粮钙水平为 2.98%，这一结果与主观判断值（3.00%）较接近。

3.2 饲粮钙水平对蛋鸭蛋品质的影响

钙是蛋壳的主要组成成分，蛋壳中钙含量直接影响到蛋壳的破碎抗力[13]。关于饲粮钙水平对蛋品质的影响，诸多研究者认为蛋壳厚度、蛋壳强度和壳重比例3项蛋品质指标可作为评价蛋禽饲粮中钙需要量的敏感指标，且饲粮中钙的含量、钙源、颗粒度和溶解度都会影响蛋壳质量[6]。本试验中，饲粮钙水平在1.50%~3.50%变化时，蛋壳厚度、蛋壳强度、壳重比例和蛋壳中钙含量均无显著变化，这一结果与El-ghamry等[1]、Pakdel等[14]和Lim等[15]的研究结果一致，即饲粮钙水平在2.40%~3.30%、1.96%~3.27%和3.00%~4.00%变化时对Fayoumi

蛋鸡、伊斯法罕本地蛋鸡和伊莎蛋鸡的蛋壳质量均无显著影响。血清中钙和磷含量均未受到饲粮钙水平（1.50%~3.50%）变化的影响，说明该饲粮钙水平范围内，机体钙系统能够维持血清钙和磷含量的相对稳定，同时也是蛋壳质量未受到影响的原因所在。

3.3 饲粮钙水平对蛋鸭胫骨指标的影响

胫骨折断力、胫骨灰分含量、灰分中钙含量和趾骨特性等作为评价钙营养水平的敏感指标[16-17]。本试验中，饲粮钙水平在 2.50%~3.50%内，试验鸭胫骨折断力、灰分钙含量和脱脂胫骨钙含量显著提高。这一变化趋势与洪平等[4,17]、Rao 等[18]以及 Driver 等[19]的研究结果一致。同时血清碱性磷酸酶活性也是研究畜禽钙、磷营养需要的重要生化检测指标，其敏感程度仅次于骨骼机械性能，骨骼粗灰分和粗灰分钙、磷含量，血清碱性磷酸酶活性升高说明骨骼矿化不足[20]。本试验中试验鸭血清碱性磷酸酶活性变化表明，1.50%钙水平组骨骼矿化不足但蛋壳质量未受到显著影响。因此这也说明当饲粮钙水平低于 2.00%时，蛋鸭会动用骨髓骨钙满足形成蛋壳所需的钙，且这一结果与 Hurwitz 等[21]的研究结果一致。

3.4 临武鸭产蛋初期钙需要量

影响蛋禽钙需要量因素颇多，如品种、饲养方式、产蛋阶段、钙供给方式、饲养环境等不同均会导致钙需要量不同[19,22-23]。随着统计学知识和SAS软件的开发应用，越来越多的学者通过建立合适的数学模型来估算出营养需要量。潘文等[24]以平均日增重、平均日采食量、胸肌剪切力、趾骨粗灰分含量、趾骨粗灰分钙含量以及血清磷含量作为评价指标，通过拟合二次曲线或断线求得1~28日龄麒麟鸡钙需要量为1.05%~1.20%。丁保安等[25]以蛋壳厚度、蛋壳强度和蛋壳重作为评价中型褐壳蛋鸡钙需要量敏感指标，得出其钙需要量为4.00%。洪平等[12]根据双折线模型估测49~56周龄黄羽肉种鸡获得最佳产蛋率和日产蛋重的饲粮钙需要量均为3.00%。本试验得出平均蛋重、日产蛋重、合格蛋率、料蛋比、壳重比例、胫骨折断力、灰分钙含量、脱脂胫骨钙含量和血清中碱性磷酸酶活性可敏感反映临武鸭体内钙的营

养状况，但其中只有以平均蛋重、灰分钙含量和脱脂胫骨钙含量这3项指标适合建立二次曲线模型，以这些指标拟合求导得出试验鸭钙需要量分别为2.79%，2.98%和2.98%，与《肉鸭饲养标准》（2012）中肉蛋兼用型鸭（23~45周龄）需要量3.10%较接近。

4 结 论

饲粮中添加适宜水平的钙可提高 22~28 周龄临武鸭产蛋性能和胫骨指标。在本试验条件下，以平均蛋重、灰分钙含量和脱脂胫骨钙含量为评价指标，通过二次曲线回归模型分析得出 22~28 周龄临武鸭钙需要量为 2.79%~2.98%。

参考文献

[1] EL-GHAMRY A,EL-ALLAWY M,HEWIDA S,et al.Evaluation of dietary calcium requirements in fayoumi laying hens[J].Iranian Journal of Applied Animal Science,2011,1(2):81–86.

[2] SAFAA H M,SERRANO M P,VALENCIA D G,et al.Productive performance and egg quality of brown egg-laying hens in the late phase of production as influenced by level and source of calcium in the diet[J].Poultry Science,2008,87(10):2043–2051.

[3] MOREKI J C,VAN DER MERWE H J,HAYES J P.Effect of dietary calcium level on egg production and egg shell quality in broiler breeder hens from 36 to 60 weeks of age[J].Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences,2011,1(1):1–7.

[4] 洪平,蒋守群,周桂莲,等.22~42日龄黄羽肉鸡钙需要量研究[J].动物营养学报,2012,24(1):62–68.

[5] 高树华.低能量水平下商品产蛋鸡钙磷适宜需要量的研究[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2012.

[6] LICHOVNIKOVA M.The effect of dietary calcium source,concentration and particle size on calcium retention,eggshell quality and overall calcium requirement in laying hens[J].British

Poultry Science,2007,48(1):71–75.

[7] 李闯,黄璇,蒋桂韬,等.饲粮钙水平对 7~11 周龄临武鸭生长性能、胫骨发育及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(12):3871–3877.

[8] 谢明,王顺祥,侯水生,等.3~6 周龄北京鸭钙磷需要量的研究[J].动物营养学报,2009,21(1):25–30.

[9] 张艳娜.骡鸭(四川番鸭♂×花边鸭♀)饲粮能量、蛋白质、钙和磷适宜水平的研究[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2011.

[10] 湖南省质量技术监督局.DB/T 898-2014 临武鸭营养需要[S].[S.l]:[s.n.],2014.

[11] AOAC.Official methods of analysis of AOAC International[M].[S.l.]:AOAC International,2005.

[12] 洪平,周桂莲,蒋守群,等.饲粮钙水平对49~56周龄黄羽肉种鸡繁殖性能和胫骨性能的影响[J].动物营养学报,2013,25(2):310–318.

[13] 周光玉,章世元.新扬州鸡蛋壳结构以及钙含量与蛋壳质量关系的研究[J].饲料与畜牧:新饲料,2012(2):52–55.

[14] PAKDEL M,POURREZA J,ANSARI S.Effect of different levels of dietary calcium and available phosphorus on the performance of Isfahan native breeder hens[J].JWSS-Isfahan University of Technology,2003,7(3):163–172.

[15] LIM H S,NAMKUNG H,PAIK I K.Effects of phytase supplementation on the performance,egg quality,and phosphorous excretion of laying hens fed different levels of dietary calcium and nonphytate phosphorous[J].Poultry Science,2003,82(1):92–99.

[16] GARCIA A R,DALE N M.Foot ash as a means of quantifying bone mineralization in chicks[J].The Journal of Applied Poultry Research,2006,15(1):103–109.

[17] 洪平,蒋守群,周桂莲,等.43~63日龄黄羽肉鸡钙需要量研究[J].动物营养学报,2013,25(2):299–309.

[18] RAO S V R,PANDA A K,RAJU M V L N,et al.Requirement of calcium for commercial broilers and white leghorn layers at low dietary phosphorus levels[J].Animal Feed Science and Technology,2003,106(1/2/3/4):199–208.

[19] DRIVER J P,PESTI G M,BAKALLI R I,et al.Calcium requirements of the modern broiler chicken as influenced by dietary protein and age[J].Poultry Science,2005,84(10):1629–1639.

[20] 王凤来,张曼夫,陈清明,等.日粮磷和钙磷比例对小型猪(香猪)血清、肠、骨碱性磷酸酶及血清钙磷的影响[J].动物营养学报,2001,13(1):36–42.

[21] HURWITZ S,BAR A.Absorption of calcium and phosphorus along the gastrointestinal tract of the laying fowl as influenced by dietary calcium and egg shell formation[J].The Journal of Nutrition,1965,86:433–438.

[22] 张亚男,武书庚,张海军,等.蛋壳品质营养调控的研究进展[J].中国畜牧杂志,2012,48(21):79–83.

[23] 章世元,俞路,王雅倩,等.饲粮钙磷水平对新扬州鸡生产性能、蛋壳质量及骨代谢的影响[J].江苏农业学报,2008,24(4):460–466.

[24] 潘文,王润莲,江国亮,等.1~28日龄麒麟鸡钙需要量[J].动物营养学报,2015,27(1):265–273.

[25] 丁保安,罗绪刚,刘彬,等.中型褐壳产蛋鸡饲粮钙适宜水平的研究[J].中国畜牧杂志,2002,38(4):8–10.

Dietary Calcium Requirement of *Linwu* Ducks in Early Laying Period

HUANG Xuan[1,2,3] LI Chuang[1,2,3] JIANG Guitao[1,2] ZHANG Xu[1,2] WANG Xiangrong[1,2]

DAI Qiuzhong[1,2,3*]

(1. *Department of Animal Nutrition and Feeding Technology, Hunan Institute of Animal Science*

and Veterinary Medicine, *Changsha* 410131, *China*, 2. *Institute of Bast Fiber Crops*, *Chinese Academy of Agricultural Science*, *Changsha* 410205, *China*, 3. *Hunan Co-Innovation Center of Animal Production Safety*, *Changsha* 410128, *China*)

Abstract: This study was conducted to investigate the effects of dietary calcium (Ca) level on laying performance, egg quality, tibia indices and serum biochemical indices of *Linwu* ducks aged from 22 to 28 weeks, and then to estimated the Ca requirement of *Linwu* ducks in early laying period. A total of 200 healthy laying ducks with similar body weight were allocated into 5 groups with 5 replicates per group and 8 ducks in each replicate, and fed basal diets supplemented with 1.50%, 2.00%, 2.50%, 3.00%, 3.50% Ca, respectively. The pre-experimental period lasted for 7 days, and the experimental period lasted for 49 days. The results showed as follows: 1) dietary Ca level had no significant effects on average daily feed intake and laying rate (P>0.05). The average egg weight in 1.50% Ca level group was significantly lower than that in the other groups (P<0.05). The daily egg yield in 3.00% Ca level group was significantly higher than that in 1.50% Ca level group (P<0.05), but there was no significant difference with the other groups (P>0.05). The qualified rate of egg in 2.50% and 3.00% Ca level group was significantly higher than that in 1.50% and 2.00% Ca level group (P<0.05). The feed to egg in 3.00% Ca level group was the lowest and significantly lower than that in 1.50% Ca level group (P<0.05). 2) Dietary Ca level had no significant effects on indices of egg quality of laying ducks (P>0.05). 3) Dietary Ca level significantly affected broking strength, Ca content in ash and Ca content in defatted tibia (P<0.05). At all above indices, 2.50%, 3.00% and 3.50% Ca level groups were significantly better than those in the 1.50% Ca level group. 4) The serum alkaline phosphatase (AKP) activity in 1.50% Ca level group significantly higher than that in the other groups (P<0.05). 5) According to the quadratic

regression analysis, based on average egg weight, Ca content in ash and Ca content in defatted tibia, the optimal dietary levels of Ca for *Linwu* ducks were 2.79%, 2.98% and 2.98%, respectively. In conclusion, under the conditions of this experiment, to ensure the best laying performance, serum biochemical indices and tibia indices, the recommendation for Ca of *Linwu* ducks aged from 22 to 28 weeks is 2.79% to 2.98%.

Key words: *Linwu* ducks; calcium; laying performance; egg quality; tibia indices [i]

---

*Corresponding author, professor, E-mail: daiqiuzhong@gmail.com （责任编辑　武海龙）